

## Beschreibung

Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem und Bussystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem und ein Bussystem.

10 Zunehmend gewinnen vernetzte Systeme zu Steuerungszwecken, die sich auf einen drahtgebundenen Datenbus als Kommunikationsmedium stützen, an Bedeutung. Ein solches vernetztes System kann beispielsweise als lokales Computernetzwerk ausgebildet sein. Im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik ist es bekannt, durch eine Vernetzung  
15 mehrerer Steuergeräte einen Datenaustausch bzw. eine Datenkommunikation zwischen den einzelnen Steuergeräten zu ermöglichen. Durch Erstellung eines Datenprotokolls, das über eine oder mehrere Leitungen zwischen den Steuergeräten versandt wird und in dem die entsprechenden Daten an den  
20 dafür vorgesehenen Stellen eingetragen und auch wieder ausgelesen werden können, kann in erheblichem Umfang Aufwand und Material bei der Verdrahtung gespart werden. Ohne einen solchen Datenbus wäre für jede, zwischen den jeweiligen Steuergeräten auszutauschende Information eine separate  
25 Leitung notwendig.

Ein Beispiel eines solchen vernetzten Systems in der Kraftfahrzeugelektronik ist das Bussystem nach dem CAN-Standard (Controller Area Network). Ein CAN-Bussystem ist  
30 beispielsweise in der DE 195 230 31 A1 und der DE 35 06 118 beschrieben.

In derlei vernetzten Systemen kommuniziert eine Vielzahl von elektronischen Steuergeräten - nachfolgend als Busteilnehmer  
35 bezeichnet - über ein Busnetz miteinander, welches im Falle eines CAN-Bussystems aus zwei miteinander verdrillten, typischerweise gegenphasig dominant getasteten Datenleitungen

eines Datenbusses besteht. Ein Busteilnehmer weist zumindest einen Transceiver zum Senden und/oder Empfangen von Daten sowie eine Steuereinheit, beispielsweise einen Mikrocontroller, zur Steuerung der Datenübertragung auf.

5

Daten werden auf den Datenbus geschrieben indem die Datenleitung bzw. die Datenleitungen für eine bestimmte Zeitdauer mit einem bestimmten Spannungspegel beaufschlagt werden. Um eine störungsfreie Kommunikation zwischen

10

einzelnen Busteilnehmern zu ermöglichen, ist es dabei notwendig, dass die Steuergeräte des Bussystems ein nahezu identisches Bezugspotenzial aufweisen. Im Falle eines Kraftfahrzeuges ist dies die Fahrzeugmasse, an die alle elektrischen Geräte in einem Kraftfahrzeug als

15

Äquipotenzialfläche angeschlossen sind.

#### Fehlererkennung, Fehlerqualifikation

Bei einem Bussystem ist die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers allerdings nicht Null. Fehler können beispielsweise bei einem Kurzschluss oder einem Leitungsbruch (Leerlauf) der Datenleitungen entstehen und so die Datenübertragung stören oder unterbrechen. Deshalb ist eine Fehlererkennung notwendig.

25

Problematisch ist aber, dass das Fehlerbild eines Kurzschlusses und eines Leerlaufes sich zuweilen nicht voneinander unterscheiden lassen. Auch führt nicht jeder Fehler zwangsläufig zu einer Unterbrechung oder Störung der Datenübertragung. Bei einigen Fehlertypen bleibt die Funktion des Bussystems sogar erhalten. Beispielsweise ist im Falle eines High-Speed CAN-Busses (HS-CAN) der Bus bei einem Leitungsbruch nicht mehr funktionsfähig. Im Falle eines Low-Speed CAN-Busses (LS-CAN) ist dieser trotz Leitungsbruch noch funktionsfähig, jedoch ist der Bus nicht mehr Ground-Shift frei. Im Falle eines Leitungsbruches bei einem Zweidraht- oder Mehrdrahtbus ist es vorteilhaft zu wissen, welcher der

35

Drähte möglicherweise defekt ist, um dadurch die Reparatur zu vereinfachen.

In einem CAN-Kommunikationssystem, das differenzielle Datenleitungen CANL und CANH umfasst, können die folgenden

5 Fehlerzustände auftauchen:

1. Unterbrochene CANH-Leitung (Leerlauf);
2. Unterbrochene CANL-Leitung (Leerlauf);
3. Kurzschluss der CANH-Leitung gegen eine  
10 Versorgungsspannung, in einem Fahrzeug beispielsweise die Batteriespannung;
4. Kurzschluss der CANL-Leitung gegen das Bezugspotenzial GND;
5. Kurzschluss der CANH-Leitung gegen das Bezugspotenzial  
15 GND;
6. Kurzschluss der CANL-Leitung gegen die Versorgungsspannung ;
7. Kurzschluss der CANH-Leitung gegen die CANL-Leitung.

20 Daher ist die Erkennung sowie die Qualifikation der Art des Fehlerzustandes zwingend erforderlich, um vorzeitig Maßnahmen treffen zu können, die die Datenkommunikation der Busteilnehmer aufrecht halten.

25 Moderne Bussysteme sind daher mit Einrichtungen zur Fehlererkennung und Fehlerbestimmung ausgestattet, mittels denen ein Fehler in den Busleitungen erkannt und die Art des Fehlers bestimmt werden kann.

30 In der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 23 031 A1 ist ein Datenübertragungssystem über einen differenziellen Bus beschrieben, der eine solche Fehlererkennungseinrichtung aufweist. Einige der oben genannten Busfehler werden von einem Transceiver erkannt, indem der jeweilige Pegel der  
35 entsprechende Busleitung mit einem internen, definierten Schwellpegel verglichen wird. Beispielsweise wird ein Fehler auf der CANH-Leitung erkannt, indem der CANH-Pegel mit einer

internen Komparatorschwelle verglichen wird. Ist dieser Pegel höher als die vorgegebene Komparatorschwelle, wird dies nach einer bestimmten Zeit als Fehler erkannt. Dieser Vergleich findet unabhängig davon statt, ob sich der Bus im dominanten Zustand oder im rezessiven Zustand befindet.

#### Verschiebung des Bezugspotenzials (Ground-Shift)

Idealerweise weist - wie bereits oben erwähnt - jeder Busteilnehmer eine Massekontaktierung auf, um alle Busteilnehmer auf ein gemeinsames Bezugspotenzial zu legen. In der Realität ist dies allerdings nicht immer erfüllt. Vielmehr kann es bei einer Verschlechterung der Massekontaktierung bei einzelnen Busteilnehmern zu einer Verschiebung des Bezugspotenzials GND relativ zu anderen Busteilnehmern kommen. Eine solche Verschiebung des Bezugspotenzials GND wird nachfolgend auch als Ground-Shift oder GND-Shift bezeichnet. Die Ursache dafür liegt darin, dass sich auf einem Busteilnehmer neben dem Mikrocontroller und dem Transceiver auch andere Komponenten befinden können, die unter Umständen zu einem mehr oder weniger starken Offset im Bezugspotenzial führen können. Deshalb arbeiten die verschiedenen Busteilnehmer eines vernetzten Bussystems häufig bezogen auf unterschiedliche Referenzpotentiale.

Bei sehr hohen Werten eines solchen Ground-Shift kann es dann zu einer Beeinträchtigung bis hin zu einer Störung der Datenübertragung kommen. Dies wird anhand eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 nachfolgend kurz erläutert.

Figur 1a zeigt schematisch ein CAN-Bussystem mit mehreren Teilnehmern 2 - 4, die an einen gemeinsamen Datenbus 6 angeschlossen sind, der als Zweidrahtbus ausgebildet ist und der eine erste Leitung 7, in dem Beispiel die CANH-Leitung, und eine zweite Leitung 8, in dem Beispiel die CANL-Leitung,

aufweist. VCANH bezeichnet in Figur 1a das Potenzial an der CANH-Leitung 7 und VCANL das Potenzial an der CANL-Leitung 8.

Jeder der Teilnehmer 2-4 umfasst eine Sende- und Empfangseinrichtung 2a-4a (Transceiver), die jeweils an eine Steuereinheit 2b-4b angeschlossen sind. Die einzelnen Transceiver 2a-4a werden von der zugeordneten Steuereinheit 2b-4b über Steuersignale TxD, RxD in einen Sende- oder Empfangszustand versetzt.

Zum besseren Verständnis der sich an den Busleitungen 7, 8 bei der Datenübertragung einstellenden Potentiale zeigt Figur 1b anhand eines der Transceiver 2a schematisch den internen Aufbau der Transceiver mit den für die Datenübertragung notwendigen Schaltungskomponenten. Der Transceiver 2a umfasst einen Spannungsregler 25, der eine Spannung VCC gegenüber einem internen Bezugspotential GND2 des Transceivers 2a erzeugt, um ein High-Potenzial VCC2 in dem Transceiver zur Verfügung zu stellen. Das Bezugspotential GND2 des Transceivers 2a entspricht dem Bezugspotential GND der Gesamtanordnung, wenn kein Ground-Shift vorhanden ist, und ist im Falle eines Ground-Shift um einen Wert  $GND_{shift}$  gegenüber dem Bezugspotential GND bzw. Masse verschoben. Das High-Potenzial VCC2 entspricht bei Ground-Shift-Freiheit des Transceivers dann dem Potential VCC und bei Vorhandensein eines Ground-Shift dem Wert  $VCC + GND_{shift}$ . Ein in dem Transceiver zur Verfügung stehendes Low-Potenzial entspricht dem internen Bezugspotenzial GND2.

Zur Terminierung der Busleitungen 7, 8 sind in dem Transceiver Terminierungswiderstände R21, R22 vorhanden, wobei die CANL-Leitung 8 über einen ersten Widerstand R21 an das interne Bezugspotenzial GND2 bzw. interne Low-Potential und die CANH-Leitung über einen zweiten Terminierungswiderstand R22 an das interne High-Potenzial VCC2 angeschlossen ist. Das Bezugszeichen Rn1 in Figur 1b bezeichnet den ersten Terminierungswiderstand und Rn2

bezeichnet den zweiten Terminierungswiderstand eines beliebigen weiteren der Transceiver 3a-5a in dem Bussystem. Im idealen Betriebsfall, wenn kein Ground-Shift vorliegt, und unter der Annahme gleicher Terminierungswiderstände  $R$  in

5 allen Transceivern 2a-5a ist die CANL-Leitung 8 über einen Gesamtterminierungswiderstand  $R/n$ , wobei  $n$  die Anzahl der Transceiver 2a-5a ist, an ein High-Potenzial  $VCC$  und die CANH-Leitung 7 über einen Gesamtterminierungswiderstand  $R/n$ , wobei  $n$  die Anzahl der Transceiver 2a-5a ist, an ein Low-

10 Potential angeschlossen. Dieses High-Potenzial ergibt sich aus den internen High-Potenzialen der einzelnen Busteilnehmer, an welches die CANL-Leitung 8 über die ersten Terminierungswiderstände  $R_{21}$ ,  $R_{n1}$  angeschlossen ist. Im Falle einer Ground-Shift-Freiheit aller Busteilnehmer und bei

15 gleichen in allen Busteilnehmern bereitgestellten Versorgungsspannungen  $V_{CC}$  entspricht dieses High-Potenzial dieser Spannung  $V_{CC}$ . Im Falle eines Ground-Shift eines oder mehrerer Busteilnehmer ergibt sich das High-Potenzial, an welchem die CANL-Leitung über die Terminierungswiderstände

20 angeschlossen ist, aus den internen High-Potenzialen der einzelnen Busteilnehmer. Das Low-Potenzial, an welches die CANH-Leitung 7 über die zweiten Terminierungswiderstände  $R_{22}$ ,  $R_{n2}$  angeschlossen ist, entspricht bei einer Ground-Shift-Freiheit des Systems dem Massepotenzial  $GND$ . Bei Vorliegen

25 eines Ground-Shift in einem oder mehreren Busteilnehmern ergibt sich dieses Low-Potenzial aus den internen Low-Potenzialen der einzelnen Busteilnehmer.

Um Daten über den Bus übertragen zu können, umfasst jeder

30 Transceiver 2a-5a einen ersten und zweiten Schalter  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ , die in Figur 1b lediglich für den Transceiver 2a dargestellt sind. Ein erster Schalter  $S_{21}$  dient dazu, die CANH-Leitung 7, die über  $R_{22}$  an das Low-Potenzial terminiert ist, an das interne High-Potenzial  $VCC_2$  anzuschließen, und ein zweiter

35 Schalter  $S_{22}$  dient dazu, die CANL-Leitung 8, die über  $R_{21}$  an High-Potenzial terminiert ist, an das interne Low-Potential  $GND_2$  anzuschließen.

Figur 2a veranschaulicht den Verlauf der beiden Potenziale VCANH, VCANL an der CANH-Leitung 7 und der CANL-Leitung 8 für einen idealen, störungsfreien Betrieb, wenn kein Ground-Shift vorliegt, wenn also  $VCC2=VCC$  und  $GND2=GND$  gilt, wobei VCC die in allen Transceivern 2a-5a zur Verfügung stehenden Spannung VCC und GND das in allen Transceivern 2a-5a zur Verfügung stehende Low-Potenzial bezeichnet.

Befinden sich alle Transceiver 2a-5a in einem sogenannten Rezessiv-Zustand, wird das Potenzial an den Busleitungen 7, 8 über die Terminierungswiderstände R21, R22, Rn1, Rn2 bestimmt, wodurch sich die CANL-Leitung 8 auf dem High-Potenzial VCC und die CANL-Leitung auf dem Low-Potenzial befindet. Ein Transceiver, beispielsweise der Transceiver 2a, befindet sich in einem Dominant-Zustand, wenn seine beiden Schalter S21, S22 geschlossen sind. An der CANL-Leitung 8 stellt sich dann ein höheres Potenzial als an der CANH-Leitung 7 ein, wobei das Potenzial an der CANL-Leitung 8 wegen des Spannungsabfalls an den Terminierungswiderständen Rn2 der übrigen Transceiver niedriger als das High-Potenzial VCC ist. Entsprechend ist das Potenzial an der CANH-Leitung 7 wegen des Spannungsabfalls an den Terminierungswiderständen Rn1 der übrigen Transceiver höher als das Low-Potenzial.

Eine Datenübertragung von einem Transceiver zu anderen Transceivern in dem System erfolgt dadurch, dass die empfangenden Transceiver im Rezessiv-Zustand gehalten werden, während der übertragende Transceiver, beispielsweise der Transceiver 2a nach Maßgabe der zu übertragenden Daten zwischen dem Dominant-Zustand und dem Rezessiv-Zustand wechselt.

Das High-Potenzial VCC wird durch den in Figur 1b dargestellten Spannungsregler 24 in nicht näher dargestellter Weise aus einer Versorgungsspannung Vbat bereitgestellt, die

bei einem Bussystem, das in einem Kraftfahrzeug eingesetzt ist, beispielsweise die Fahrzeugbatterie.

Figur 2b veranschaulicht bei einem Ground-Shift-freien System einen Fehlerfall, bei dem die CANH-Leitung einen Kurzschluss gegen diese Versorgungsspannung Vbat aufweist, die größer als das High-Potenzial VCC ist. Zur Detektion eines solchen Kurzschlusses einer der Busleitungen 7, 8 gegen Versorgungspotenzial Vbat ist es bekannt, die Potenziale an den Busleitungen 7, 8 in wenigstens einem der Transceiver mittels eines nicht näher dargestellten Komparators mit einer Schwellenspannung zu vergleichen, die höher als das High-Potenzial VCC ist, und einen Fehler auszugeben, wenn das Potenzial an einer der Busleitungen 7, 8 diese Komparatorschwelle übersteigt.

Dieses Vorgehen zur Fehlerdetektion kann bei Vorliegen eines Ground-Shift in dem System allerdings fälschlicherweise zur Detektion eines Fehlers führen, wie nachfolgend kurz erläutert ist. Es sei angenommen, dass der Busteilnehmer 2 Daten sendet und dass ein Ground-Shift vorliegt, wodurch das High-Potenzial VCC2 und das Low-Potenzial dieses Teilnehmers um  $GND_{shift}$  gegenüber dem High-Potenzial VCC und dem Low-Potenzial der übrigen, Ground-Shift-freien Teilnehmer 3-5 verschoben ist. Im Dominant-Modus des Teilnehmers 2 gilt für das Potenzial VCANH an der CANH-Leitung 7 dann:  $VCANH = VCC + GND_{shift}$ . Im Falle eines sehr hohen Ground-Shifts  $GND_{shift}$  kann es nun dazu kommen, dass das durch den Teilnehmer 2 bewirkte Potenzial VCANH höher ist, als eine in den anderen Busteilnehmern 3 - 5 intern vorgegebene Komparatorschwelle zur Erkennung eines Kurzschlusses der CANH-Leitung 7 gegen Versorgungspotenzial Vbat. Dadurch wird von den Busteilnehmern 3 - 5 ein Fehler erkannt, obwohl kein solcher Kurzschluss vorliegt.

35

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass der Fehler als Kurzschluss erkannt wird, obwohl es sich eigentlich um ein



Ground-Shift Problem handelt. Das Ground-Shift-Problem wird also gar nicht erkannt. Dieses könnte nur durch aufwendige zusätzliche Softwaremittel beseitigt werden.

- 5 Bei bisher bekannten Bussystemen mit Fehlererkennungseinrichtung, wie bei der bereits genannten DE 195 23 031 A1 konnte dieses Problem bisher nur soweit gelöst werden, dass die jeweilige interne Komparatorschwelle so ausgelegt ist, dass sie einen maximalen Ground-Shift von ein  
10 paar Volt (z.B.  $GND_{shift} \leq 2$  Volt) erlaubt, was aber Anwendungen mit größeren Ground-Shift-Pegeln ausschließt.

- In der WO 97/36184 ist ein Verfahren zum Testen von Massekontaktierungen beschrieben. Dort sind jedem  
15 Busteilnehmer zwei Widerstände zugeordnet. Ist der Datenbus rezessiv, dann stellt sich im Falle eines Ground-Shifts ein durchschnittlicher Pegel am Datenbus ein. Mit dem in der WO 97/36184 beschriebenen Verfahren ist zwar keine direkte Messung des Ground-Shifts möglich, jedoch kann auf das  
20 Vorhandensein eines Ground-Shiftes geschlossen werden.

- In der WO 97/36399 ist ein Verfahren zur Detektion eines Ground-Shifts bzw. eines schlechten Massekontakts beschrieben. Bei diesem Fehlererkennungsverfahren wird bei  
25 der Datenübertragung der zu übertragenden Datenpegel mit einer vorgegebenen, definierten Komparatorschwelle verglichen. Wird diese Komparatorschwelle überschritten muss also entweder ein Ground-Shift Fehler vorliegen oder ein tatsächlicher Fehler. Zur Differenzierung dieser Fehler wird  
30 in der unmittelbaren Nähe des Busnetzes, beispielsweise über einer Widerstandsanordnung, die Spannung gemessen und mit einer vorgegebenen Spannung verglichen. Aus dem Ergebnis dieses Vergleichs kann geschlossen werden, ob es sich um einen Ground-Shift Fehler oder einen sonstigen Fehler  
35 handelt.

Ungeachtet dessen ist sowohl die Fehlererkennung in der WO 97/36399 wie auch in der WO 97/36184 abhängig von dem Vorhandensein eines Ground-Shifts.

- 5    Ausgehend davon liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein weiter entwickeltes Verfahren zur Fehlererkennung bei vernetzten Bussystemen sowie ein Bussystem das ein solches Verfahren realisiert zur Verfügung zu stellen.

10

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch ein Bussystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5 gelöst.

- 15    Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem, das mindestens zwei Busteilnehmer aufweist, die zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einem mindestens zwei Busleitungen aufweisenden Datenbus angeschlossen sind, wobei die
- 20    Busteilnehmer einen rezessiven Zustand und einen dominanten Zustand annehmen können und wobei in den Busteilnehmern ein internes High-Potenzial und ein internes Low-Potenzial zur Verfügung steht. Bei dem Verfahren ist vorgesehen, dass die Überprüfung eines Leitungsfehlers jeweils von dem
- 25    Busteilnehmer durchgeführt wird, der sich im dominanten Zustand befindet, und dass die Überprüfung von Leitungsfehlern durch Vergleich von Spannungspegeln auf den Busleitungen mit Schwellwerten durchgeführt wird, die auf den internen High-Pegel oder den internen Low-Pegel des
- 30    Busteilnehmers bezogen sind.
- Durch diese Auswertung der Spannungspegel auf den Busleitungen unter Verwendung von Schwellenwerten, die auf die internen Potenziale, insbesondere das interne Low-Potenzial bezogen sind, kann ein Ground-Shift des die
- 35    Überprüfung vornehmenden dominanten Busteilnehmers nicht zu einem fälschlicherweise erkannten Fehler führen.

Bei dem erfindungsgemäßen Bussystem zum seriellen Datentransfer von binären Daten zwischen mindestens zwei Busteilnehmern, die zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einen mindestens zwei Busleitungen

5 enthaltenden Datenbus angeschlossen sind, umfasst wenigstens einer der Busteilnehmer zumindest eine Steuereinheit, zumindest einen Transceiver zum Senden und/oder Empfangen von Datensignalen und zumindest eine Einrichtung zur Fehlererkennung, die wenigstens ein Fehlerdetektionsmittel  
10 aufweist zum Vergleich wenigstens eines Spannungspegels einer der Busleitungen mit einem Schwellenwert, der auf einen internen Low-Pegel oder einen internen High-Pegel des Busteilnehmers bezogen ist, wobei das wenigstens eine Fehlerdetektionsmittel ein Fehlersignal bereitstellt.

15

Vorzugsweise umfasst das Bussystem ein erstes Fehlerdetektionsmittel zum Vergleich des Spannungspegels einer der Datenleitungen mit einem ersten Schwellenwert und zum Bereitstellen eines ersten Fehlersignals sowie ein  
20 zweites Fehlerdetektionsmittel zum Vergleich des Spannungspegels der anderen der Datenleitungen mit einem zweiten Schwellenwert und zum Bereitstellen eines zweiten Fehlersignals.

25 Bei einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Bussystem zur Detektion übertragener Daten ein erstes Datendetektionsmittel aufweist zum Vergleich der Spannungspegel der Busleitungen, wobei das erste Datendetektionsmittel ein erstes Datensignal bereitstellt.

30 Vorzugsweise umfasst das Bussystem dabei zur Detektion übertragener Daten wenigstens ein zweites Datendetektionsmittel, das den Spannungspegel wenigstens einer der Datenleitungen mit wenigstens einem auf den internen Low-Pegel bezogenen Schwellenwert vergleicht, um  
35 wenigstens ein zweites Datensignal bereitzustellen, und Umschaltmittel zur Umschaltung zwischen dem ersten

Datensignal und dem wenigstens einen zweiten Datensignal abhängig von dem wenigstens einen Fehlersignal.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde,  
5 dass die Erkennung eines Busfehlers nicht notwendigerweise von allen Busteilnehmern des Bussystems erkannt werden muss. Vielmehr reicht es aus, dass die Erkennung sowie die Meldung eines Fehlers durch einen einzelnen Busteilnehmer vorgenommen wird. Dieser leitet dann die entsprechenden Maßnahmen zur  
10 Behebung, Umgehung oder Beseitigung (Fehlermanagement-Routine) ein, so dass alle übrigen Busteilnehmer mit einbezogen werden.

Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und dem  
15 erfindungsgemäßen Bussystem nunmehr keinerlei Einfluss des Ground-Shift-Potenzial auf die Fehlererkennung vorhanden ist, müssen auch keine zusätzlichen Maßnahmen mehr zu deren Detektion bzw. Unterdrückung oder Verhinderung getroffen werden. Dadurch werden der schaltungstechnische Aufwand der  
20 einzelnen Busteilnehmer und damit auch die damit verbundenen Kosten signifikant reduziert, ohne die Leistungsfähigkeit des Bussystems zu beeinträchtigen. Vielmehr wird durch das erfindungsgemäße Bussystem die Leistungsfähigkeit sogar gesteigert, da im Falle von fehlerhaft gemeldeten Fehlern,  
25 die auf einen Ground-Shift zurückzuführen sind, keine zeitaufwendige Umschaltung auf einen internen Komparator mehr vorgenommen werden muss. Vorteilhafterweise wird auch die Effektivität in der Datenübertragung erheblich vergrößert, da die einzelnen Busteilnehmer nunmehr seltener fehlerhafte  
30 Fehlermeldungen (Error Frames) senden. Dadurch ist die Leistungsfähigkeit der Datenübertragung sogar höher als bei bekannten Bussystemen.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nunmehr ein Fehler  
35 eindeutig als Busfehler oder als Ground-Shift Fehler erkannt werden kann. Dies minimiert gleichsam den Aufwand für die Fehlerbeseitigung und Fehlerumgehung.

Bei der Dimensionierung der einzelnen Busteilnehmer bzw. des Bussystems muss nun nicht mehr darauf geachtet werden, dass ein bestimmter maximaler Ground-Shift, wie dies gemäß dem Stand der Technik erforderlich ist, nie überschritten wird. Dadurch erreicht man einen zusätzlichen Freiheitsgrad bei der Definition und Entwicklung neuer Bussysteme.

Insbesondere lassen sich hier auch die einzelnen Widerstände, Leiterbahnen und Komparatoren eines Busteilnehmers jeweils optimal an die gegebenen Verhältnisse anpassen.

Das Bezugspotenzial für alle Busteilnehmer ist typischerweise das Potenzial der Bezugsmasse. Die Erfindung ist jedoch nicht auf solche Systeme bzw. Schaltungen beschränkt, die bezogen auf die Bezugsmasse arbeiten. Vielmehr können die Busteilnehmer bzw. das Bussystem auch bezogen auf ein anderes Referenzpotenzial, beispielsweise das Versorgungspotenzial, in Kraftfahrzeugen des Batteriepotenzial, arbeiten.

Die Erfindung ist ferner auf alle Bussysteme anwendbar, bei denen Vergleiche eines Buspegels mit einer internen Schwelle durchgeführt werden, zum Beispiel wenn ein Busteilnehmer sich in einem Zustand befindet, bei dem dessen Referenzpotenzial für die Erzeugung der Schwelle identisch mit dem Referenzpotenzial des Busses ist.

Die Erfindung ist besonders vorteilhaft anwendbar bei Bussystemen in der Kraftfahrzeugelektronik, beispielsweise bei einem CAN-Bussystem. Dabei kann die Erfindung sowohl bei einem sogenannten High-Speed CAN-Transceiver wie auch bei einem Low-Speed CAN-Transceiver Anwendung finden. Außerdem ist die Erfindung nicht ausschließlich auf CAN-Bussysteme beschränkt, sondern lässt sich auf beliebig ausgestaltete differenzielle Bussysteme erweitern.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren entnehmbar.

5 Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt dabei:

10 Figur 1 ein Blockschaltbild eines zweiadrigen Bussystems mit vier Busteilnehmern (Figur 1a) und die zur Datenübertragung erforderlichen Komponenten eines Busteilnehmers (Figur 1b);

15 Figur 2 den Verlauf der Signalpegel auf einer CANH-Leitung und einer CANL-Leitung eines Bussystems entsprechend Figur 1a im normalen Betriebszustand (ohne Fehler) (Figur 2a) und im Falle eines Fehlers (Figur 2b);

20 Figur 3 ein Blockschaltbild eines Busteilnehmers;

Figur 4 ein detailliertes Blockschaltbild der Fehlererkennungseinrichtung entsprechend Figur 3.

25 In den Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente - sofern nichts anderes angegeben ist - mit gleichen Bezugszeichen versehen .

30 Zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst das Bussystem, in welchem das erfindungsgemäße Verfahren Anwendung findet, näher beschrieben. Dieses Bussystem kann beispielsweise den in Figur 1 dargestellten Aufbau haben, jedoch sind auch andere Ausgestaltungen des Bussystems denkbar.

35 In dem Blockschaltbild in Figur 1 ist mit Bezugszeichen 1 das erfindungsgemäße Bussystem bezeichnet. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem vernetzten Bussystem um ein

CAN-Bussystem, insbesondere ein sogenanntes Low-Speed CAN-Bussystem, handelt, ohne jedoch die Erfindung darauf zu beschränken.

5 Das Bussystem in Figur 1 umfasst in bereits erläutelter Weise vier Busteilnehmer 2 - 5, die auch als Module oder Kommunikationsstationen bezeichnet werden. Zur seriellen Übertragung binärer Daten mittels Gegentaktsignalen sind diese Busteilnehmer 2 - 5 an einem differenziellen,  
10 zweiadrigen, typischerweise verdrehten Datenbus 6 angekoppelt, wobei die Datenkommunikation der an den Bus 6 angeschlossenen Busteilnehmer 2 - 5 in bekannter, bereits eingangs erläutelter Art und Weise statt findet. Das Bezugszeichen 7 bezeichnet die CANH-Leitung und das  
15 Bezugszeichen 8 die CANL-Leitung des Datenbusses 6.

Die physikalische Ankopplung an den Zweidrahtbus 6 erfolgt über die in jedem Busteilnehmer 2 - 5 enthaltene Sende- und Empfangseinrichtung 2a - 5a, den sogenannten Transceiver, die  
20 zum Senden und/oder Empfangen von Daten über den Datenbus ausgelegt ist. Zur Datenübertragung wandeln die Sende- und Empfangseinrichtungen 2a - 5a in erläutelter Weise die zu sendenden Daten, die durch die jeweilige Steuereinheit 2b - 5b bereitgestellt werden, von einem Logikpegel innerhalb des  
25 betreffenden Busteilnehmers 2 - 5 in zwei komplementäre Sendesignale um, deren Verlauf für einen normalen störungsfreien Betrieb in Figur 2a dargestellt ist. Für den Datenempfang werden diese Übertragungspegel durch die Transceiver 2a-5a in Logiksignale umgewandelt, die durch die  
30 Steuereinheiten weiter verarbeitet werden.

Bustransceiver 2a - 5a sind in einer Vielzahl unterschiedlicher Ausführungsformen allgemein bekannt, so dass auf deren unterschiedliche Ausgestaltung nachfolgend  
35 nicht näher eingegangen werden soll.

Die Steuereinheiten 2b - 5b sind beispielsweise programmgesteuerte Einheiten, die beispielsweise jeweils einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller, eine Logikschaltung oder dergleichen, enthalten. Für die Datenkommunikation sind in den Steuereinheiten 2b - 5b Protokollfunktionen vorgesehen, die bei Mikrocontrollern, die für solche Anwendungen spezialisiert sind, vorteilhafterweise bereits monolithisch integriert sind. Jeweils ein Transceiver 2a - 5a sowie eine Steuereinheit 2b - 5b sind miteinander jeweils über Datenleitungen elektrisch verbunden.

Die einzelnen Busteilnehmer verfügen über ein internes High-Potenzial und ein internes Low-Potenzial, um die eingangs erläuterte Datenübertragung zu gewährleisten. Wie bereits erwähnt, kann es dazu kommen, dass einzelne Busteilnehmer 2 - 5 einen Offset in ihrem Bezugspotenzial, den sogenannten Ground-Shift, aufweisen. In Figur 1 weist lediglich der Busteilnehmer 2 einen solchen Ground-Shift auf. Dieses Ground-Shift-Potenzial  $GND_{shift}$  sorgt dafür, dass das interne Low-Potenzial  $GND2$  dieses Teilnehmers um den Wert  $GND_{shift}$  oberhalb des Bezugspotenzials  $GND$  liegt. Wenngleich in Figur 1 lediglich der Busteilnehmer 2 einen Ground-Shift aufweist, kann dieser Effekt selbstverständlich auch bei den anderen Busteilnehmern 3 - 5 ggf. in unterschiedlicher Stärke auftreten. Der Aufbau eines solchen Busteilnehmers 2 mit Ground-Shift im Allgemeinen und des entsprechenden Transceivers 2a im Speziellen wird nachfolgend anhand von Figur 3 noch genauer beschrieben.

Über die in Figur 1b für den Teilnehmer 2 dargestellten Schalteinrichtungen S21, S22, die in entsprechender Weise auch in einem oder mehreren der anderen Busteilnehmer 3 - 5 vorhanden sind, kann die CANH-Leitung 7 mit dem internen High-Potenzial  $VCC2$  und die CANL-Leitung 8 mit dem internen Low-Potenzial  $GND2$  beaufschlagt werden. Bei einem Ground-Shift-freien System entspricht das interne High-Potenzial in allen Teilnehmern 2-5 dem Wert  $VCC$  und das interne Low-



Potenzial in allen Teilnehmern 2-5 dem Bezugspotenzial GND, wobei VCC eine durch einen internen Spannungsregler bereitgestellte Spannung bezeichnet.

- 5 Bei geöffneten Schaltern S21, S22 liegt damit die CANH-Leitung 7 auf einem niedrigen logischen Pegel und die CANL-Leitung 8 auf einem hohen Pegel. Dies entspricht gleichzeitig dem einen logischen Wert der zu übertragenden binären Datensignale. Soll der jeweils andere logische Wert
- 10 übertragen werden, werden durch Schließen der Schalter S21, S22 die CANH-Leitung 7 mit einem hohen Pegel und die CANL-Leitung 8 mit einem niedrigen Pegel beaufschlagt. Auf diese Weise können von jedem Busteilnehmer 2 - 5 Daten über die Leitungen 7, 8 übertragen werden. Der Zustand bzw. der
- 15 jeweilige Pegel auf den Leitungen 7, 8 wird bei geöffneten Schaltern als rezessiv und bei geschlossenen Schaltern als dominant bezeichnet.
- Im "Ruhebetrieb" (rezessiver Zustand) des Datenbusses 6, beispielsweise im abgeschalteten Zustand, im Stand-by-Betrieb
- 20 oder im Power-Down-Modus, ist dessen Zustand durch die in Figur 1b dargestellte Terminierung definiert, die außer den in Figur 1b dargestellten Widerständen R21, R22 (passive Terminierung) auch durch Transistoren (aktive Terminierung) realisiert sein kann. Der Betriebszustand bzw. der aktive
- 25 Zustand (dominanter Zustand) des Datenbusses 6 wird erreicht, indem die Ausgangsstufe eines beliebigen, an den Datenbus 6 angeschlossenen Transceivers 2a - 5a aktiv geschaltet wird. Dies erfolgt im gezeigten Beispiel durch das Steuersignal TxD = LOW, welches von der jeweiligen Steuereinheit 2b dem ihm
- 30 zugeordneten Transceiver 2a zugeführt wird.

Figur 3 zeigt in einem Blockschaltbild den Aufbau eines Busteilnehmers, der einen Ground-Shift aufweist.

- 35 Der Busteilnehmer 2 weist Datenein-/ausgänge 11, 12 auf, über die er mit den beiden Busleitungen 7, 8 verbunden ist. Über die Dateneingänge 11, 12 werden dem Transceiver 2a im

Empfangsmodus Datensignale in Form der Spannungspegel VCANH, VCANL der Busleitungen 7, 8 zugeführt. Im Sendemodus kann der Transceiver 2a Daten über die Leitungen 7, 8 zu mindestens einem anderen Busteilnehmer 3 - 5 übertragen.

5

Der in Figur 1 dargestellte Busteilnehmer 2 weist ferner eine Auswerteschaltung 20 auf, die eingangsseitig mit den Leitungen 7, 8 verbunden ist. Die Auswerteschaltung 20 ist hier Bestandteil des Transceivers 2a. Die Auswerteschaltung 20 weist erste bis fünfte Komparatoren 21 - 25 als Datendetektionsmittel oder Fehlerdetektionsmittel auf, wobei der erste, zweite und vierte Komparator 21, 22, 24 eingangsseitig mit der CANH-Datenleitung 7, und der erste, dritte und fünfte Komparator 21, 23, 25 mit der CANL-Datenleitung 8 verbunden sind. Der erste Komparator 21 bildet dabei den differenziellen Eingang des Transceivers und vergleicht die Signale VCANH, VCANL auf den Datenleitungen 7, 8, während der zweite und vierte Komparator 22, 24 das Signal VCANH auf der Datenleitung 7 mit einem ersten bzw. zweiten Referenzpotenzial Vref1, Vref2 und der dritte und fünfte Komparator 23, 25 das Signal VCANL auf der Datenleitung 8 mit einem dritten bzw. vierten Referenzpotenzial Vref3, Vref4 vergleicht. Die ersten bis vierten Referenzpotentiale Vref1-Vref4 sind jeweils auf ein Bezugspotenzial bzw. Low-Potenzial GND2 der Auswerteschaltung bezogen, wobei dieses Bezugspotenzial GND2 in dem Beispiel gegenüber Massepotenzial GND einen Ground-Shift  $GND_{Shift}$  aufweist.

Die Auswerteschaltung 20 weist ferner eine Multiplexerschaltung 26 sowie eine Schaltung zur Fehlererkennung 27 auf. In den Multiplexer 26 werden eingangsseitig die Ausgangssignale 31, 34, 35 der ersten, vierten und fünften Komparatoren 21, 24, 25 eingekoppelt, die in noch erläuterter Weise Datensignale darstellen. Die Schaltung zur Fehlererkennung 27 ist eingangsseitig mit den Ausgängen der ersten, zweiten und dritten Komparatoren 21, 22, 23 verbunden, wobei die Ausgangssignale 32, 33 der

zweiten und dritten Komparatoren 22, 23 in noch erläuterter Weise Fehlersignale darstellen. Der Multiplexer 26 ist über die Leitung 28 mit dem Ausgang 29 der Auswerteschaltung 20 und damit des Transceivers 2a verbunden. Die Funktion dieses  
5 Multiplexers 26 sowie der Fehlererkennungsschaltung 27 wird nachfolgend noch genauer erläutert.

Der erste Komparator 21, der eingangsseitig mit den Eingängen 11, 12 und damit mit den Leitungen 7, 8 verbunden ist,  
10 vergleicht die Pegel VCANH, VCANL auf den Busleitungen 7, 8. Ausgangsseitig stellt der Komparator 21 ein Ausgangssignal zur Verfügung, das von  $V_{DIFF} = V_{CANH} - V_{CANL}$  abhängig ist. Das Ausgangssignal 31 dieses Komparators 21 nimmt einen High-Pegel an, wenn VCANH größer als VCANL ist, und nimmt sonst  
15 einen Low-Pegel an. Befindet sich der Transceiver 2a im Sendezustand nimmt das Ausgangssignal 31 des Komparators im Dominant-Zustand des Transceivers einen High-Pegel und im Rezessiv-Zustand einen Low-Pegel an. Das Ausgangssignal 31 des ersten Komparators gibt die über den Bus übertragenen  
20 Daten wieder. Sofern kein Leitungsfehler der Busleitungen 7, 8 erkannt wird, stellt der Multiplexer 26 das Ausgangssignal des Komparators 21 der Steuerschaltung 2b zu weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

25 Tritt nun ein Fehler auf, bei dem die CANH-Leitung 7 dauerhaft auf einem Versorgungspotenzial Vbat liegt, wie dies in Figur 2b dargestellt ist, so nimmt das Ausgangssignal des Komparators 21 dauerhaft einen High-Pegel an, sofern unter Berücksichtigung des Ground-Shift diese Potenzial Vbat größer  
30 ist als  $V_{CC2} = V_{CC} + GND_{shift}$ . Eine Rekonstruktion der über den Bus übertragenen Daten aus dem Ausgangssignal 31 des ersten Komparators 21 ist dadurch nicht mehr möglich.

Um für einen solchen Fehlerfall eine Detektion der über den  
35 Bus übertragenen Daten anhand des Signalverlaufes des Potenzials VCANL der CANL-Leitung zu ermöglichen vergleicht der fünfte Komparator 25 das Potenzial VCANL der CANL-Leitung

8 mit dem auf das interne Bezugspotenzial GND2 bezogenen vierten Referenzpotenzial  $V_{ref4}$ . Dieses Potenzial  $V_{ref4}$  ist dabei so gewählt, dass es zwischen den Potenzialen liegt, die die CANL-Leitung im Dominant- und Rezessiv-Zustand eines Teilnehmers annimmt, um so die die Information enthaltenden Übergänge des Potenzials  $V_{CANL}$  von einem niedrigen zu einem hohen Potenzial, und umgekehrt, zu erkennen. Für dieses vierte Vergleichspotenzial  $V_{ref4}$  gilt vorzugsweise:  $V_{ref4} = VCC/2$ .

Zur Erkennung eines solchen Kurzschlusses der CANH-Leitung gegen Versorgungspotenzial  $V_{bat}$  führt die CANH-Leitung 7 auf den zweiten Komparator 22, der das auf Masse GND bezogene Signal  $V_{CANH}$  mit einem Schwellenwert  $V_{ref1} + GND_{shift}$  vergleicht. Der Komparator 22 erzeugt ausgehend davon auf der Leitung 32 ein Fehlersignal nur dann, wenn der Signalpegel  $V_{CANH}$  über dem Schwellenwert  $V_{ref1} + GND_{shift}$  liegt, der auf einen Kurzschluss der Leitung 7 gegen ein Versorgungspotenzial hinweist. Die Leitung 32 führt auf die Fehlererkennungsschaltung 27, die bei einem solchen Kurzschluss der CANH-Leitung 7 gegen Versorgungspotenzial  $V_{bat}$  dafür sorgt, dass anstelle des Ausgangssignals des Komparators 21 das Ausgangssignal des fünften Komparators 25 an den Ausgang des Transceivers 2a gelegt und der Steuerschaltung 2b zugeführt wird.

Tritt nun ein Fehler auf, bei dem die CANL-Leitung 8 dauerhaft auf einem Versorgungspotenzial  $V_{bat}$  liegt, so nimmt das Ausgangssignal 31 des ersten Komparators 21 dauerhaft einen Low-Pegel an, wodurch eine Datenrekonstruktion anhand des Ausgangssignals 31 des ersten Komparators nicht möglich ist.

Um für einen solchen Fehlerfall eine Detektion der über den Bus übertragenen Daten anhand des Signalverlaufes des Potenzials  $V_{CANH}$  der CANH-Leitung zu ermöglichen vergleicht der vierte Komparator 24 das Potenzial  $V_{CANH}$  der CANH-Leitung 7 mit dem auf das interne Bezugspotenzial GND2 bezogenen

zweitem Potenzial  $V_{ref2}$ . Dieses Potenzial  $V_{ref2}$  ist dabei so gewählt, dass es zwischen den Potenzialen liegt, die die CANH-Leitung im Dominant- und Rezessiv-Zustand eines Teilnehmers annimmt, um so die die Information enthaltenden Übergänge des Potenzials  $V_{CANH}$  von einem niedrigen zu einem hohen Potenzial, und umgekehrt, zu erkennen. Für dieses zweite Vergleichspotenzial  $V_{ref2}$  gilt vorzugsweise:  $V_{ref2} = V_{CC}/2$ .

- 10 Zur Erkennung eines solchen Kurzschlusses der CANL-Leitung 8 gegen ein Versorgungspotenzial  $V_{bat}$  vergleicht der dritte Komparator 23 das auf Masse GND bezogene Potenzial  $V_{CANL}$  der CANL-Leitung 8 mit einem Schwellenwert  $V_{ref3} + GND_{shift}$ . Der Komparator 23 erzeugt dabei ein hohes Signal auf der Leitung 15 33, wenn der Signalpegel  $V_{CANL}$  auf der CANL-Leitung 8 über dem vorgegebenen Schwellenwert liegt. Der Ausgang 33 des dritten Komparators 23 führt auf die Fehlererkennungsschaltung 27, die bei einem solchen Kurzschluss der CANL-Leitung 7 gegen Versorgungspotenzial  $V_{bat}$  dafür sorgt, dass anstelle 20 des Ausgangssignals des ersten Komparators 21 das Ausgangssignal des vierten Komparators 24 an den Ausgang des Transceivers 2a gelegt und der Steuerschaltung 2b zugeführt wird.
- 25 Die Fehlererkennungsschaltung 27 ist dazu ausgebildet, eine Fehlererkennung nur dann durchzuführen, wenn sich der Teilnehmer 2 im Dominant-Zustand befindet, wie nachfolgend erläutert ist.
- 30 In diesem Zustand liegt die CANH-Leitung 7 über eine in Figur 3 nicht näher dargestellte Schalteinrichtung an einem High-Potenzial das in etwa dem Potenzial  $V_{CC2}$  entspricht. Dieses Potenzial  $V_{CC2}$  wird in erläuterter Weise durch einen nicht näher dargestellten Spannungsregler erzeugt, der eine 35 Spannung  $V_{CC}$  bezogen auf das interne Low-Potenzial  $GND_2$ , das um  $GND_{shift}$  oberhalb Massepotenzial GND liegt, bereitstellt. Die Vergleichsspannung  $V_{ref1}$  des ersten Komparators ist

größer als die Spannung  $V_{CC}$ , so dass die Schwelle  $V_{ref1} + GND_{shift}$  an der CANH-Leitung 7 während des störungsfreien Betriebes nie erreicht wird. Ein Fehler wird nur dann erkannt, wenn  $V_{CANH}$ , beispielsweise wegen eines

5 Kurzschlusses mit einer Versorgungsspannung, die größer als  $V_{CC2}$  ist, größer als  $V_{CANH} + GND_{shift}$  wird. Die vermeintliche Detektion eines Kurzschluss der CANH-Leitung 7 wegen eines Ground-Shift ist ausgeschlossen.

10 Ein Kurzschluss der CANL-Leitung gegen ein Versorgungspotenzial wird ebenfalls im Dominant-Zustand des Teilnehmers detektiert. Im störungsfreien Zustand sinkt das Potenzial an der CANL-Leitung im Dominant-Zustand des Teilnehmers auf einen unteren Potentialwert ab. Der

15 Komparator 23 vergleicht das Potenzial an der CANL-Leitung 8 mit einem Potential  $V_{ref3}$ , das vorzugsweise größer ist als die durch den nicht näher dargestellten Regler auf das interne Bezugspotenzial  $GND2$  bezogene Spannung  $V_{CC}$ . Ein Kurzschluss der CANL-Leitung gegen ein Versorgungspotenzial,

20 das größer als  $V_{CC2}$  ist, wird dabei erkannt, wenn im Dominant-Zustand das Potenzial der CANL-Leitung größer als  $V_{ref3} + GND_{shift}$  ist.

Figur 4 zeigt anhand eines Blockschaltbildes ein

25 Ausführungsbeispiel der Fehlererkennungsschaltung 27, mit der ein Kurzschluss der CANH-Leitung 7 gegen eine Versorgungsspannung und der CANL-Leitung 8 gegen eine Versorgungsspannung erkannt werden kann. Zum besseren Verständnis sind die Komparatoren 21, 22, 23, die die

30 Eingangssignale dieser Einrichtung erzeugen, ebenfalls dargestellt.

Am Ausgang der Fehlererkennungsschaltung stehen ein Fehlersignal  $ERR3$ , das von einem Ausgangssignal des

35 Komparators 22, und damit von einem Kurzschluss der CANH-Leitung 7 gegen ein Versorgungspotenzial abhängig ist, und ein Fehlersignal  $ERR6$ , das von einem Ausgangssignal des

Komparators 23, und damit von einem Kurzschluss der CANL-Leitung 8 gegen das Versorgungspotenzial abhängig ist, zur Verfügung. Diese Fehlersignale können zur Umschaltung des Multiplexers 26 verwendet werden.

5

Die Erkennung dieser beiden Fehler ERR3, ERR6 wird durchgeführt, wenn die durch die Referenzpotenziale Vref1, Vref3 vorgegebenen Komparatorschwellen der Komparatoren 22 bzw. 23 überschritten werden und wenn eine Endstufe des Transceivers 2a eingeschaltet ist, wenn sich der Transceiver 10 2a also im Dominant-Zustand befindet. Figur 1b zeigt beispielhaft eine solche Endstufe des Transceivers, die zwei Schalter S21, S22 umfasst. In dem Transceiver 2a stehen Signale CANHSON, CANLSON zur Verfügung, die das Einschalten 15 der Endstufe anzeigen, wobei bezugnehmend auf das einfache Ausführungsbeispiel in Figur 1b das Signal CANHSON ein Einschalten des Schalters S21, und damit ein Anlegen der CANH-Leitung 7 an das obere Ansteuerpotenzial VCC2, und das Signal CANLSON ein Einschalten des Schalters S22, und damit 20 ein Anlegen der CANL-Leitung 8 an das untere Ansteuerpotenzial GND2 anzeigt.

Um eine Fehlererkennung ausschließlich im Dominant-Modus durchzuführen, wird das Ausgangssignal des Komparators 22 25 zur Erzeugung des Fehlersignals ERR3 mit dem Signal CANHSON UND-verknüpft, und das Ausgangssignal des Komparators 23 wird zur Erzeugung des Fehlersignals ERR6 mit dem Signal CANLSON UND-verknüpft. Das TxD-Signal des Transceivers kann im vorliegenden Fall dann nicht direkt genutzt werden, da hier 30 typischerweise eine Time-Out-Funktion implementiert ist, die diese Endstufe abschaltet, falls das TxD-Signal länger als 2 ms im Dominant-Zustand ist.

Maßgeblich ist, dass die Signale CANHSON und CANLSON, die 35 angeben, ob die jeweilige Endstufe eingeschaltet oder ausgeschaltet ist, mit den Ausgangssignalen der Komparatoren 22, 23 UND-verknüpft werden, wodurch nur dann ein

Fehlersignal ERR3 bzw. ERR6 erzeugt wird, wenn sich die jeweilige Endstufe im Dominant-Modus befindet.

Die Fehlersignale ERR3, ERR6 stehen an Ausgängen von Flip-Flops 40, 41 zur Verfügung deren Setz-Eingängen in dem Beispiel über jeweils einen Zähler 42, 43 und ein Verzögerungsglied 44, 45 Signale zugeführt sind, die aus der UND-Verknüpfung je eines der Signal CANHSON bzw. CANLSON mit je einem der Ausgangssignale der Komparatoren 22, 23 erzeugt werden.

Die optional vorhandenen Verzögerungsglieder 44, 50 bewirken zur Erhöhung der Störsicherheit, dass kurzfristige Impulse der Komparatorausgangssignale 32, 33 nicht an den jeweils nachgeschalteten Zähler 42, 43 weitergeleitet werden. Solche kurzen Impulse, die kürzer sind als die Dauer üblicher Dominant-Zustände, werden durch die Verzögerungsglieder 44, 45 ausgeblendet.

Ebenfalls optional vorhanden sind die Zähler 42, 43, die dafür sorgen, dass das jeweils nachgeschaltete Flip-Flop 40, 41 erst gesetzt wird, wenn ein vorgegebener Zählerstand erreicht ist, wenn also Fehlerzustände während einer vorgegebenen Anzahl aufeinanderfolgender Dominant-Zustände des Transceivers erkannt werden.

Die Flip-Flops werden nach Maßgabe des Ausgangssignals 31 des Komparators 21 zurückgesetzt, wobei dem Flip-Flop 41 dieses Ausgangssignal 31 über ein Verzögerungsglied 50 und einen Zähler 51 und dem Flip-Flop 40 über einen Inverter 52 sowie ein Verzögerungsglied 53 und einen Zähler 54 zugeführt sind.

Das Flip-Flop 41, das gesetzt wird, wenn ein Kurzschluss der CANL-Leitung 8 gegen ein Versorgungspotenzial detektiert wird, wird dabei zurückgesetzt, wenn das Ausgangssignal des ersten Komparators 21 einen High-Pegel annimmt, der darauf hindeutet, dass VCANH größer als VCANL ist, so dass kein



Kurzschluss der CANL-Leitung gegen Versorgungspotenzial mehr vorliegen kann. Das Flip-Flop 41 wird somit bei Erkennen eines Dominant-Zustandes des Datenbusses zurückgesetzt. Das optional vorhandene Verzögerungsglied 50 das dem Rücksetz-  
5 Eingang des Flip-Flops 41 vorgeschaltet ist, dient entsprechend der Verzögerungsglieder 44, 45 zur Erhöhung der Störsicherheit. Der ebenfalls optional vorhandene Zähler 51 sorgt dafür, dass das Flip-Flop 41 erst dann zurückgesetzt wird, wenn eine vorgegebene Anzahl Pegelwechsel des  
10 Komparators 21 von Low nach High stattgefunden hat.

Das Flip-Flop 40, das gesetzt wird, wenn ein Kurzschluss der CANH-Leitung 7 gegen ein Versorgungspotenzial detektiert wird, wird dabei zurückgesetzt, wenn das Ausgangssignal des  
15 ersten Komparators 21 einen Low-Pegel annimmt, der darauf hindeutet, dass VCANL größer als VCANH ist, so dass kein Kurzschluss der CANH-Leitung gegen Versorgungspotenzial mehr vorliegen kann. Das Flip-Flop 40 wird somit bei Erkennen eines Rezessiv-Zustandes des Datenbusses zurückgesetzt. Das  
20 optional vorhandene Verzögerungsglied 53 das dem Rücksetz-Eingang des Flip-Flops 40 vorgeschaltet ist, dient entsprechend der Verzögerungsglieder 44, 45 zur Erhöhung der Störsicherheit. Der ebenfalls optional vorhandene Zähler 54 sorgt dafür, dass das Flip-Flop 40 erst dann zurückgesetzt  
25 wird, wenn eine vorgegebene Anzahl Pegelwechsel des Komparators 21 von High nach Low stattgefunden haben.

Die in Figur 4 dargestellte Schaltung stellt somit nur dann Fehlersignale für die weitere Verarbeitung zur Verfügung,  
30 wenn sich die jeweilige Ausgangsstufe im Dominant-Modus befindet. Außerdem ist die Auswerteschaltung 20 dazu ausgebildet Leitungsfehler unabhängig vom Vorliegen eines Ground-Shift zu detektieren und bei einem detektierten Leitungsfehler dennoch eine Datendetektion durchzuführen.

35

Für ein High-Speed CAN-Bussystem kann prinzipiell die gleiche Schaltung wie in den Figuren 1, 3 und 4 benutzt werden, um

die entsprechenden Fehler zu erkennen. Jedoch sind hier die Verzögerungszeiten entsprechend an die höhere Geschwindigkeit des Bussystems anzupassen. In diesem Fall ist aber der Fehler ERR3, d.h. ein Kurzschluss der Leitung 7 gegen die

5 Versorgungsspannung VCC, weniger aufschlussreich, da durch die High-Speed Buskonfiguration für diesen Fall überhaupt keine Datenübertragung mehr möglich ist.

Die vorliegende Erfindung wurde anhand der vorstehenden  
10 Beschreibung so dargestellt, um das Prinzip der Erfindung und dessen praktische Anwendung bestmöglichst zu erklären, jedoch lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren bei geeigneter Abwandlung selbstverständlich in mannigfaltigen anderen Ausführungsformen realisieren.

15

## Bezugszeichenliste

	1	Bussystem
5	2 - 5	Busteilnehmer
	2a - 5a	Transceiver
	2b - 5b	Steuergerät, programmgesteuerte Einheit, Mikrocontroller, Mikroprozessor
	6	differentieller Datenbus
10	7	Busleitungen, CANH-Leitung
	8	Busleitungen, CANL-Leitung
	9, 10	Anschlüsse der Versorgungsspannung
	11, 12	Datenein-/ausgänge
	20	Auswerteschaltung
15	21 - 25	Komparatoren
	26	Multiplexerschaltung
	27	Schaltung zur Fehlererkennung
	28	Leitung
	29	Ausgang
20	30 - 35	Leitungen
	40, 41	RS-Flip-Flop
	42, 43, 51	Zähler
	44, 45	Verzögerungsglied
	50, 53	Verzögerungsglied
25	51, 54	Zähler
	VCC, VCC2	erstes (positives) Versorgungspotenzial
	GND, GND2	zweites Versorgungspotenzial, Potenzial der Bezugsmasse, Referenzpotenzial
	GND <sub>Shift</sub>	Offset im Referenzpotenzial, Ground-Shift
30	VCANH	Signal
	VCANL	Signal
	ERR6, ERR3	Fehler
	CANH <sub>SON</sub>	Signal
	CANL <sub>SON</sub>	Signal
35	TxD,	Signale
	RxD	Signale

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem (1), das mindestens zwei Busteilnehmer (2 - 5) aufweist, die zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einen mindestens zwei Busleitungen (7, 8) aufweisenden Datenbus (6) angeschlossen sind, wobei die Busteilnehmer (2-5) einen rezessiven Zustand und einen dominanten Zustand annehmen können und wobei in den Busteilnehmern ein interner High-Potenzial (VCC, VCC2) und ein internes Low-Potenzial (GND, GND2) zur Verfügung steht,
  - wobei die Überprüfung eines Leitungsfehlers von dem Busteilnehmer (2) durchgeführt wird, der sich im dominanten Zustand befindet, und
  - wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern durch Vergleich von Spannungspegeln (VCANH, VCANL) auf den Busleitungen (7, 8) mit Schwellwerten (Vref1, Vref3) durchgeführt wird, die auf den internen High-Pegel (VCC2) oder den internen Low-Pegel (GND2) des Busteilnehmers (2) bezogen sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem in den Busteilnehmern eine auf das interne Bezugspotenzial bezogene Versorgungsspannung (VCC) zur Verfügung steht, wobei die Schwellenwerte (Vref1, Vref3) größer als diese Versorgungsspannung (VCC) sind und ein Fehler erkannt wird, wenn einer der Spannungspegel (VCANH, VCANL) auf den Busleitungen (7, 8) größer ist als der jeweilige Schwellenwert (Vref1, Vref3).
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem ein Fehler dann erkannt wird, wenn einer der Spannungspegel (VCANH, VCANL) auf den Busleitungen (7, 8) während einer vorgegebenen Anzahl aufeinanderfolgender dominanter Zustände des die

Fehlererkennung vornehmenden Busteilnehmers größer ist als der jeweilige Schwellenwert (Vref1, Vref3).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem für eine Detektion übertragener Daten die Spannungspegel (VCANH, VCANL) der Datenleitungen (7, 8) miteinander verglichen werden, wobei bei einer Detektion eines Fehlers einer der Leitungen (7; 8) eine Detektion übertragener Daten durch einen Vergleich des Spannungspegels (VCANL; VCANH) der anderen Leitung (8; 7) mit einem auf das interne High-Potenzial oder das interne Low-Potenzial bezogenen Schwellenwert (Vref4; Vref2) erfolgt.

5. Bussystem (1) zum seriellen Datentransfer von binären Daten zwischen mindestens zwei Busteilnehmern (2 - 5), die zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einem mindestens zwei Busleitungen (7, 8) enthaltenden Datenbus (6) angekoppelt sind, wobei ein Busteilnehmer (2 - 5) aufweist:

- zumindest Steuereinheit (2b - 5b), ,
- zumindest einen Transceiver (2a - 5a) zum Senden und/oder Empfangen von Datensignalen (CANL, CANH),
- zumindest eine Einrichtung zur Fehlererkennung zur Durchführung eines der vorgenannten Verfahren.

6. Bussystem nach Anspruch 5, das zur Fehlerdetektion wenigstens ein Fehlerdetektionsmittel aufweist zum Vergleich wenigstens eines Spannungspegels (VCANH, VCANL) einer der Busleitungen (7, 8) mit einem Schwellenwert (Vref1, Vref3), der auf den internen Low-Pegel (GND2) oder den internen High-Pegel (VCC2) bezogen ist, und zur Bereitstellung eines Fehlersignals (32, 35).

7. Bussystem nach Anspruch 6, das aufweist:

- ein erstes Fehlerdetektionsmittel (22) zum Vergleich des Spannungspegels (VCANH) einer (7) der Datenleitungen mit

einem ersten Schwellenwert (Vref1) und zum Bereitstellen eines ersten Fehlersignals (32) und

- ein zweites Fehlerdetektionsmittel (23) zum Vergleich des Spannungspegels (VCAN1) der anderen (8) der Datenleitungen mit einem zweiten Schwellenwert (Vref3) und zum Bereitstellen eines zweiten Fehlersignals (33).

8. Bussystem nach Anspruch 6 oder 7, das zur Detektion übertragener Daten ein erstes Datendetektionsmittel (21) aufweist zum Vergleich der Spannungspegel (VCANH, VCANL) der Busleitungen (7, 8), wobei das erste Datendetektionsmittel ein erstes Datensignal (31) bereitstellt.

9. Bussystem nach Anspruch 8, das folgende weitere Merkmale aufweist:

- zur Detektion übertragener Daten wenigstens ein zweites Datendetektionsmittel (24, 25), das den Spannungspegel (VCANH, VCANL) wenigstens einer der Datenleitungen (7, 8) mit wenigstens einem auf den internen Low-Pegel (GND2) bezogenen Schwellenwert (Vref2, Vref4) vergleicht, um wenigstens ein zweites Datensignal (34, 35) bereitzustellen,
- Umschaltmittel (26) zur Umschaltung zwischen dem einen Datensignal (31) und dem wenigstens einen zweiten Datensignal (33, 34) abhängig von dem wenigstens einen Fehlersignal (32, 33).

10. Bussystem nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Datenbus (6) zur seriellen Übertragung binärer Daten mittels Gegentaktsignalen (CANL, CANH) ausgelegt ist und zu diesem Zweck als differenzieller, zweiadriger Datenbus (6) ausgebildet ist, dessen beide Busleitungen (7, 8) miteinander verdreht sind.

11. Bussystem nach einem der Ansprüche 5 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Bussystem (1) als CAN-Bussystem ausgebildet ist.

## Zusammenfassung

Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem

5 Bussystem und Bussystem

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung von  
Leitungsfehlern in einem Bussystem (1), das mindestens zwei  
Busteilnehmer (2 - 5) aufweist, die zum Zwecke der

10 Datenkommunikation untereinander an einen mindestens zwei  
Busleitungen (7, 8) aufweisenden Datenbus (6) angeschlossen  
sind, wobei die Busteilnehmer (2-5) einen rezessiven Zustand  
und einen dominanten Zustand annehmen können und wobei in den  
Busteilnehmern ein interner High-Potenzial (VCC, VCC2) und  
15 ein internes Low-Potenzial (GND, GND2) zur Verfügung steht,

- wobei die Überprüfung eines Leitungsfehlers von dem  
Busteilnehmer (2) durchgeführt wird, der sich im  
dominanten Zustand befindet, und

20

- wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern durch Vergleich  
von Spannungspegeln (VCANH, VCANL) auf den Busleitungen  
(7, 8) mit Schwellwerten (Vref1, Vref3) durchgeführt wird,  
die auf den internen High-Pegel (VCC2) oder den internen  
25 Low-Pegel (GND2) des Busteilnehmers (2) bezogen sind.

25

Ferner betrifft die Erfindung auch ein Bussystem, bei dem  
zumindest ein Busteilnehmer eine Einrichtung zur  
Fehlererkennung zur Durchführung eines der vorgenannten  
30 Verfahren aufweisen.

30

Figur 3